



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 17 368 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 01 L 33/00

②1 Aktenzeichen: 198 17 368.7
②2 Anmeldetag: 18. 4. 98
④3 Offenlegungstag: 24. 12. 98

DE 198 17 368 A 1

③0 Unionspriorität:
86108537 18. 06. 97 TW
⑦1 Anmelder:
Epistar Corp., Hsinchu, Tei pai, TW
⑦4 Vertreter:
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

⑦2 Erfinder:
Lee, Biing-Jye, Hsinchu, TW; Jou, Ming-Jiunn,
Hsinchu, TW; Tan, Jacob C., Hsinchu, TW

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Leuchtdiode

⑤7 Eine Struktur einer Leuchtdiode (LED) mit einer großen Helligkeit wird offenbart. Die Leuchtdiode umfaßt ein Substrat, welches auf einer ersten Elektrode gebildet wird, eine erste Hüllschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, welche auf dem Substrat gebildet wird, eine auf der ersten Hüllschicht gebildete aktive Schicht, eine zweite Hüllschicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der aktiven Schicht gebildet wird, eine Fensterschicht des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der zweiten Hüllschicht gebildet wird, wobei der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der zweiten Hüllschicht, eine Kontaktschicht des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der Fensterschicht gebildet wird, um einen ohmschen Kontakt zu bilden, eine leitfähige transparente Oxidschicht, welche auf der Kontaktschicht gebildet wird, und einen in der Leuchtdiode gebildeten Stromsperrbereich. Der Stromsperrbereich ist ungefähr zu der zweiten Elektrode ausgerichtet und kann die Kontaktschicht mit einem Aussparungsbereich darin, ein auf der Kontaktschicht gebildeter Isolationsbereich, ein Ionenimplantationsbereich in der Kontaktschicht und der Fensterschicht, oder ein Diffusionsbereich in der Kontaktschicht und der Fensterschicht sein.

DE 198 17 368 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Struktur einer Leuchtdiode (LED) und insbesondere auf die Struktur einer Flächenemitter-Leuchtdiode mit einer Stromsperrschicht.

Die AlGaInP-Legierungs-Technologie ist zur Herstellung von Leuchtdioden (LEDs) mit einer Wellenlänge zwischen 550 bis 680 nm durch Anpassen des Aluminium/Galium-Verhältnisses in dem aktiven Bereich der Leuchtdioden verwendet worden. Ferner wird die metallorganische Dampfphasen-Epitaxie (metalorganic vapor phase epitaxy, MOVPE) genutzt, um effiziente AlGaInP-Heterostruktur-Vorrichtungen herzustellen. Eine konventionelle Leuchtdiode umfaßt eine doppelte Heterostruktur aus AlGaInP, welche eine auf einem n-Typ-Halbleitersubstrat aus GaAs geformte n-Typ-AlGaInP-Hüllschicht, eine auf der n-Typ-Hüllschicht geformte aktive Schicht aus AlGaInP und eine auf der aktiven Schicht gebildete p-Typ-AlGaInP-Hüllschicht aufweist.

Für einen effizienten Betrieb der Leuchtdiode sollte sich ein eingespeister Strom gleichmäßig in lateraler Richtung ausbreiten, so daß der Strom den p-n-Übergang der doppelten Heterostruktur aus AlGaInP gleichmäßig überquert, um gleichmäßig Licht zu erzeugen. Die p-Typ-AlGaInP-Hüllschicht, welche durch einen MOVPE-Prozeß hergestellt wurde, ist sehr schwierig, mit Akzeptoren mit einer höheren Konzentration als $10^{18} \times \text{cm}^{-3}$ zu dotieren. Ferner ist die Löcher-Beweglichkeit (etwa 10 bis 20 $\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$) in p-Typ-AlGaInP-Halbleitern niedrig. Wegen dieser Faktoren ist der spezifische elektrische Widerstand der p-Typ-AlGaInP-Schicht vergleichbar hoch (normalerweise etwa 0,3 bis 0,6 $\Omega \times \text{cm}$), so daß die Stromausbreitung ernsthaft beschränkt ist. Darüber hinaus vergrößert ein Anstieg von Aluminium in der Zusammensetzung von AlGaInP weiter den spezifischen elektrischen Widerstand. Folglich tendiert der Strom dazu, sich zu konzentrieren, welches häufig als Stromhäufungsproblem bezeichnet wird.

Eine Technik, um das Stromhäufungsproblem zu lösen, ist in der US 5 008 718 beschrieben. Die Struktur der vorgeschlagenen Leuchtdiode ist in Fig. 1 dargestellt und besteht aus einem hinteren elektrischen Kontakt 10, einem Halbleitersubstrat 12 aus n-Typ-GaAs, einer doppelten Heterostruktur 14 aus AlGaInP, einer Fensterschicht 16 aus p-Typ-GaP und einem vorderen elektrischen Kontakt 18. Die vorstehend erwähnte doppelte Heterostruktur 14 aus AlGaInP umfaßt eine untere Hüllschicht 140 aus n-Typ-AlGaInP, eine aktive Schicht 142 aus AlGaInP und eine obere Hüllschicht 144 aus p-Typ-AlGaInP. Die Fensterschicht 16 sollte aus einem Material gewählt sein, welches einen niedrigen spezifischen elektrischen Widerstand hat, so daß sich der Strom schnell ausbreiten kann, und eine größere Bandlücke aufweisen als die der AlGaInP-Schichten, so daß die Fensterschicht 16 für Licht, welches von der aktiven Schicht 142 von AlGaInP emittiert wird, durchlässig ist.

In Leuchtdioden zum Erzeugen von Licht in einem Spektrum von rot bis orange wird AlGaAs-Material gewählt, um die Fensterschicht 16 zu bilden. Das AlGaAs-Material hat den Vorteil, daß es eine Kristallgitterkonstante besitzt, welche mit dem darunter liegenden GaAs-Substrat 12 verträglich ist. Bei einer Leuchtdiode zum Erzeugen von Licht in einem Spektrum von gelb zu grün werden GaAsP- oder GaP-Materialien benutzt, um die Fensterschicht 16 zu bilden. Es ist von Nachteil, die GaAsP- oder die GaP-Materialien zu benutzen, da ihre Kristallgitterkonstanten nicht mit denen der AlGaInP-Schichten 14 und des GaAs-Substrates 12 verträglich ist. Diese Kristallgitterfehlانpassung verursacht eine hohe Versetzungsdichte, welche eine weniger als

befriedigende optische Leistungsfähigkeit erzeugt. In Applied Physics Letter, vol. 61 (1992), Seite 1045, offenbaren K.H. Huang et. al. eine ähnliche Struktur mit einer dicken Schicht 16 von ungefähr 50 μm (oder 500 000 Ångström) Dicke. Diese Struktur erzeugt eine dreifache Leuchteffizienz im Vergleich zu einer Leuchtdiode ohne Fensterschicht und eine zweifache Leuchteffizienz im Vergleich zu einer Leuchtdiode mit einer Fensterschicht von ungefähr 10 μm Dicke. Die Herstellung dieser Struktur benötigt ungünstigerweise zwei verschiedene Prozesse der metallorganischen Dampfphasen-Epitaxie (MOVPE), um die doppelte Heterostruktur aus AlGaInP herzustellen, und eine Dampfphasen-Epitaxie (VPE), um die dicke Fensterschicht 16 aus GaP zu bilden, wodurch Herstellungskosten und die Komplexität vergrößert werden.

Fig. 2 zeigt eine andere Leuchtdiode aus dem Stand der Technik, welcher in der US 5 048 035 offenbart ist. In dieser Figur sind die Schichten, welche sich in ihrer Erscheinung nicht von den Strukturen aus Fig. 1 unterscheiden, mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Leuchtdiode aus Fig. 2 ist zusätzlich zu der Struktur aus Fig. 1 mit einer Stromsperrschicht 20 aus AlGaInP auf einem Abschnitt der doppelten Heterostruktur 14 und einer Kontaktschicht 22 aus GaAs zwischen der Fensterschicht 16 und der Elektrode 18 hergestellt. Die Stromsperrschicht 20 ist in einem Abschnitt angeordnet, in dem sie zur vorderen Elektrode 18 ausgerichtet ist und sich aus diesem Grund der Strom durch die Stromsperrschicht 20 lateral ausbreitet. Zwei MOVPE-Prozesse sind unvorteilhafterweise bei der Herstellung dieser Struktur notwendig, welche das Bilden der Heterostruktur 14 und der Stromsperrschicht 20 durch einen ersten MOVPE-Prozeß, gefolgt von einer fotolithographischen Technik, um das Gebiet der Stromsperrschicht 20 zu definieren, und das Bilden der Fensterschicht 16 durch einen zweiten MOVPE-Prozeß sind.

Fig. 3 zeigt eine dritte Leuchtdiode nach dem Stand der Technik, welche in der US 5 481 122 offenbart ist. In dieser Figur sind die Schichten, welche sich in ihrer Erscheinung nicht von der Struktur aus Fig. 1 unterscheiden, mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Fensterschicht 16 aus GaP in Fig. 1 ist nun durch eine p-Typ-Kontaktschicht 40 und eine leitfähige transparente Oxidschicht 42 in Fig. 3 ersetzt. Indiumzinnoxid (ITO) wird bevorzugt zum Bilden der leitfähigen transparenten Oxidschicht 42 benutzt, welche einen hohen Durchlaßgrad von ungefähr 90% im Bereich des sichtbaren Lichts aufweist. Ferner ist deren spezifischer elektrischer Widerstand (ungefähr $3 \times 10^{-4} \Omega \times \text{cm}$) ungefähr 1000mal kleiner als der von p-Typ-AlGaInP und ungefähr 100mal kleiner als der von p-Typ-GaP. Die optimale Dicke von ungefähr 0,1 bis 5 μm schafft keine gute Bedingung, um effektiv seitliche Emission zu gewinnen, wodurch die Leuchteffizienz der Leuchtdiode begrenzt wird.

Fig. 4 zeigt eine vierte Leuchtdiode aus dem Stand der Technik. In dieser Figur sind die Schichten, welche ihre Erscheinungsform nicht gegenüber der Struktur aus Fig. 3 geändert haben, mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Eine Schottky-Sperrschicht wird als eine Stromsperrschicht zwischen der Elektrode 19 und der oberen Hüllschicht des p-Typs AlGaInP 144 zusammen mit der leitfähigen transparenten Oxidschicht 42 gebildet, um den Strom lateral unter der Elektrode 19 zu verteilen. Der Nachteil, diese Struktur zu bilden, besteht in dem komplexen Prozeß, welcher notwendig ist; um Abschnitte der leitfähigen transparenten Oxidschicht 42, der Kontaktschicht 40 und der oberen Hüllschicht 144 zu ätzen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine große Helligkeit und eine reduzierte Fertigungszeit bei einer

Leuchtdiode zu erreichen, welche ein Spektrum im Bereich von rot bis grün aufweist, und zwar insbesondere durch Bilden einer Strom-Sperrschicht, welche durch eine Schottky-Sperrschicht gebildet wird, einer Isolationsschicht, einer hoch-Widerstandsschicht oder eines Diffusions-p-n-Überganges.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Leuchtdiode zur Verfügung zu stellen, bei welcher die meisten Prozesse zum Bilden der Leuchtdiode lediglich die metallorganische Dampfphasen-Epitaxie (MOVPE) nutzen, wodurch eine hohe Kontrollierbarkeit der Zusammensetzung, der Trägerkonzentration und der Schichtdicke und eine vereinfachte Herstellung erreicht werden.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, eine Leuchtdiode zur Verfügung zu stellen, welche eine Vielfach-Quanten-Senken-Struktur als eine aktive Schicht benutzt, um die Qualität der Kristallstruktur und der Leuchteffizienz der Leuchtdiode zu verbessern.

Darüber hinaus ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Leuchtdiode mit einem verteilten Bragg-Reflektor zur Verfügung zu stellen, um die Absorption von Licht, welches von der aktiven Schicht durch das Substrat emittiert wird, zu eliminieren, um dabei die Ausbeute der Leuchtdiode zu erhöhen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Leuchtdioden-Struktur zum Erzielen hoher Helligkeit zur Verfügung gestellt. Die Leuchtdiode umfaßt ein Substrat, welches auf einer ersten Elektrode gebildet ist. Eine erste Hüllschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps ist auf dem Substrat gebildet, eine aktive Schicht ist auf der ersten Hüllschicht gebildet, und eine zweite Hüllschicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps ist auf der aktiven Schicht gebildet. Die Leuchtdiode umfaßt ebenfalls eine Fensterschicht des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der zweiten Hüllschicht gebildet ist, wobei der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der zweiten Hüllschicht, eine Kontaktschicht des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der Fensterschicht gebildet ist, um einen ohmschen Kontakt zu bilden, und eine leitfähige transparente Oxidschicht, welche auf der Kontaktschicht gebildet ist. Ferner umfaßt die Leuchtdiode einen darin gebildeten Stromsperrbereich. Der Stromsperrbereich kann die Kontaktschicht mit einem Aussparungsbereich darin, einem auf der Kontaktschicht gebildeten Isolationsbereich, einem ionen-implantierten-Bereich in der Kontaktschicht und der Fensterschicht oder einem Diffusionsbereich in der Kontaktschicht und der Fensterschicht sein.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die Merkmale der Unteransprüche gekennzeichnet.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen beispielhaft erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer ersten Leuchtdiode nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine Querschnittsansicht einer zweiten Leuchtdiode nach dem Stand der Technik;

Fig. 3 eine Querschnittsansicht einer dritten Leuchtdiode nach dem Stand der Technik;

Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer vierten Leuchtdiode nach dem Stand der Technik;

Fig. 5A eine Querschnittsansicht einer Leuchtdiode gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5B eine Querschnittsansicht einer modifizierten Leuchtdiode gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6A eine Querschnittsansicht einer Leuchtdiode gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Er-

findung;

Fig. 6B eine Querschnittsansicht einer modifizierten Leuchtdiode gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7A eine Querschnittsansicht einer Leuchtdiode gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7B eine Querschnittsansicht einer modifizierten Leuchtdiode gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8A eine Querschnittsansicht einer Leuchtdiode gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 8B eine Querschnittsansicht einer modifizierten Leuchtdiode gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5A zeigt eine Querschnittsansicht, welche eine Leuchtdiode (LED) gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Ein hinterer elektrischer Kontakt 50 ist vorgesehen, um als hintere Elektrode zu dienen. Eine n-Typ-Elektrode wird in dieser Ausführungsform benutzt, und es ist dennoch denkbar, daß statt dessen eine p-Typ-Elektrode genutzt werden kann, ohne von dem Umfang der beanspruchten Erfindung abzuweichen.

Ein Halbleitersubstrat 52 ist auf der n-Typ-Elektrode 50 gebildet. In dieser Ausführungsform ist eine n-Typ-GaAs-Schicht 52 mit einer Dicke von etwa 350 µm konventionell gebildet. Eine Schichtstruktur 54 aus AlGaInP, welche oft als aktive p-n-Übergangsschicht bezeichnet wird, ist auf dem Substrat 52 gebildet. In dieser Ausführungsform weist die Schichtstruktur 54 eine untere n-Typ-Hüllschicht 540 aus AlGaInP, eine aktive Schicht 542 aus AlGaInP und eine obere p-Typ-Hüllschicht 544 aus AlGaInP auf. Die Dicke der unteren Hüllschicht 540, der aktiven Schicht 542 und der oberen Hüllschicht 544 beträgt vorzugsweise entsprechend etwa 1,0, 0,75, und 1,0 µm.

In einer Implementierung dieser Ausführungsform wird die aktive Schicht 542 durch Anwendung einer konventionellen Doppel-Heterostruktur-Technik (DH) gebildet. Bei einer anderen Implementierung wird die aktive Schicht 542 durch Verwendung einer anderen konventionellen Vielfach-Quanten-Senken-Technik (MQW) gebildet. Infolge des Quanteneffekts sinkt das Verhältnis von Al in der aktiven Schicht 542, folglich verringert sich das Verhältnis von Sauerstoff darin. Deshalb wird die Qualität der Kristallstruktur verbessert und die Leuchteffizienz der Leuchtdiode dementsprechend vergrößert. Desweiteren wird das Träger-Überlauf-Phänomen reduziert, weil die Träger in den Quanten-Senken effektiv mit einem Anstieg der Anzahl der Quanten-Senken begrenzt werden.

Wie Fig. 5A ferner erkennen läßt, ist eine p-Typ-Fensterschicht 56 mit einer Dicke von ungefähr 10 µm auf der oberen Hüllschicht 544 gebildet. Der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht 56 (ungefähr 0,05 Ohm × cm) ist kleiner als der oder gleich dem der oberen Hüllschicht 544. Transparentes Material wie beispielsweise GaP, GaAsP, GaInP oder AlGaAs wird vorzugsweise benutzt. Die Fensterschicht 56 wird benutzt, um die Leuchteffizienz der Leuchtdiode zu verbessern. Z.B. weist eine konventionelle 590 nm-Leuchtdiode ohne eine Fensterschicht normalerweise eine Helligkeit von 15 millicandela (oder mcd) auf. 30 mcd oder mehr können durch Hinzufügen der Fensterschicht 56 auf der Hüllschicht 544 erreicht werden.

Gemäß Fig. 5A ist außerdem eine p-Typkontaktschicht 58 auf der Fensterschicht 56 gebildet. GaAsP, GaP, GaInP oder GaAs wird benutzt, um diese Kontaktschicht 58 zu bilden. In dieser Ausführungsform ist deren Trägerkonzentration größer als $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$; und deren Dicke ist größer als 500

Ängström, so daß ein guter ohmscher Kontakt zwischen der Fensterschicht 56 und der leitfähigen transparenten Oxidschicht 60, welche später beschrieben wird, gebildet werden kann. Der spezifische elektrische Widerstand der leitfähigen transparenten Oxidschicht 60 (ungefähr 3×10^{-4} Ohm \times cm) ist kleiner als der der Kontaktschicht 58 (ungefähr 0,01 Ohm \times cm) und der Fensterschicht 56 (ungefähr 0,05 Ohm \times cm). Als nächstes wird ein konventioneller fotolithographischer Prozeß verwendet, um einen zentralen Abschnitt auf der Kontaktschicht 58 zu bilden, welcher dann geätzt wird, bis ein Abschnitt der Oberfläche der Fensterschicht 56 freigelegt ist.

Zinnoxid, Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO) werden vorzugsweise benutzt, um die leitfähige transparente Oxidschicht 60 zu bilden. Die bevorzugte Dicke der leitfähigen transparenten Oxidschicht 60 liegt zwischen 0,1 und 5 μ m. In dieser Ausführungsform wird die leitfähige transparente Oxidschicht 60 mittels Beschichtung durch Vakuumzerstäubung (sputtering) oder eine Elektronenstrahl-Verdampfungs-Verfahren gebildet. Deshalb ist die Übertragungsfähigkeit der leitfähigen transparenten Oxidschicht 60 ausgezeichnet für Leuchtdioden in dem Wellenlängenbereich von 550 nm (grün) bis 630 nm (rot). Weil das leitfähige transparente Oxid eine ähnliche Eigenschaft wie das Metall hat, können die leitfähige transparente Oxidschicht 60 und die Fensterschicht 56 keinen ohmschen Kontakt aufgrund des Tunneleffekts bilden, wenn die Trägerkonzentration in der Fensterschicht 56 kleiner als 10^{19} cm $^{-3}$ ist. Die Schnittstelle zwischen der leitfähigen transparenten Oxidschicht 60 und der Fensterschicht 56 führt deshalb zu einer Schottky-Sperre, welche dann als Stromsperre wirkt. Es wurde experimentell herausgefunden, daß der Widerstandswert zwischen der leitfähigen transparenten Oxidschicht 60 und der Kontaktschicht 58 ungefähr 10 Ohm und der Widerstandswert zwischen der leitfähigen transparenten Oxidschicht 60 und der Fensterschicht 56 10^{13} bis 10^{15} Ohm beträgt. Deshalb hat die gebildete Schottky-Sperre unter einer normalen Leuchtdioden-Betriebsbedingung mit dem Strom unter 100 mA eine gute Stromsperrfähigkeit. Die leitfähige transparente Oxidschicht 60 absorbiert keine Photonen, welche von der aktiven Schicht 542 emittiert werden, und deren spezifischer elektrischer Widerstand beträgt nur ungefähr 3×10^{-4} Ohm \times cm, so daß der eingespeiste Strom wesentlich durch die gesamte Diode, außer der Region, in welcher die Schottky-Sperre existiert, verteilt wird, welches zu einer höheren Ausgangsleistung beiträgt.

Letztendlich ist ein p-Typ elektrischer Kontakt 62 auf einem Abschnitt der leitfähigen transparenten Oxidschicht 60 gebildet, um die vordere Elektrode zu bilden. Dieser elektrische Kontakt 63 ist ungefähr zu der geätzten Aussparung in der Kontaktschicht 58 ausgerichtet. Es sei angemerkt, daß jede Schicht, außer der leitfähigen transparenten Oxidschicht 60 und den Elektroden 50, 62, wie in Fig. 5A gezeigt ist, durch Anwendung der metallorganischen Dampfphasen-Epitaxie (MOVPE) gebildet werden können, wodurch eine hohe Kontrollierbarkeit der Zusammensetzung, der Trägerkonzentration und der Schichtdicke und eine Vereinfachung der Herstellung erreicht werden.

Fig. 5B zeigt eine Querschnittsansicht, welche eine modifizierte Leuchtdiode gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Der grundlegende Unterschied gegenüber der Struktur von Fig. 5A ist die zusätzliche verteilte Bragg-Reflektorschicht 80 (DBR). AlGaInP oder AlGaAs werden vorzugsweise benutzt, um die DBR-Schicht 80 zu bilden, welche einen Stapel von mehr als 20 Schichten in dieser Ausführungsform umfaßt. Die DBR-Schicht 80 wird in erster Linie dazu benutzt, um die Absorption von Licht, welches von der aktiven Schicht 542

emittiert wird, durch das Substrat 52 zu eliminieren, wodurch die Ausbeute der Leuchtdiode vergrößert wird. Bei dieser Ausführungsform können durch die Benutzung der DBR-Schicht 80 80 bis 100 mcd erreicht werden.

Fig. 6A zeigt eine Querschnittsansicht, welche eine Leuchtdiode gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. In dieser Figur sind die Schichten, welche gegenüber der Struktur von Fig. 5A nicht geändert sind, mit den gleichen Bezugszeichen versehen und durch die gleichen Prozesse gebildet. Der grundlegende Unterschied ist, daß die Kontaktschicht 59 nicht wie in Fig. 5A geätzt ist, sondern statt dessen eine Isolationschicht 64 auf der Oberfläche der Kontaktschicht 59 gebildet ist. Die Isolationschicht 64 wird dann teilweise durch eine konventionelle fotolithographische Technik und einen Ätzprozeß geätzt, was zu der in Fig. 6A dargestellten Struktur führt. Der resultierende isolierende Abschnitt 64 ist zum elektrischen Kontakt 63 ausgerichtet und wird als Stromsperrschicht benutzt. In dieser Ausführungsform wird die isolierende Schicht 64, wie beispielsweise Siliziumoxid, Siliziumnitrit oder Aluminiumoxid, durch ein konventionelles mit Plasma verstärktes chemisches Dampfablagerungsverfahren (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD) bis zu einer Dicke von 0,1 μ m gebildet.

Fig. 6B zeigt eine Querschnittsansicht, welche eine modifizierte Leuchtdiode gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. In dieser Figur sind die Schichten, welche gegenüber der Struktur von Fig. 5A und 5B nicht geändert sind, mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet, und durch die gleichen Prozesse gebildet. Der grundlegende Unterschied gegenüber der Struktur von Fig. 6A ist die zusätzliche verteilte Bragg-Reflektorschicht 80 (DBR). AlGaInP oder AlGaAs wird vorzugsweise zum Bilden der DBR-Schicht 80 benutzt, welche einen Stapel von mehr als 20 Schichten in dieser Ausführungsform aufweist. Die DBR-Schicht 80 wird in erster Linie dazu benutzt, um die Absorption durch das Substrat 52 von Licht, welches von der aktiven Schicht 542 emittiert wird zu eliminieren, wodurch die Ausbeute der Leuchtdiode vergrößert wird. In dieser Ausführungsform können durch die Benutzung der DBR-Schicht 80 80 bis 100 mcd erreicht werden.

Fig. 7A zeigt eine Querschnittsansicht, welche eine Leuchtdiode gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. In dieser Figur sind die Schichten, welche gegenüber der Struktur von Fig. 6A nicht geändert wurden mit den gleichen Bezugszeichen versehen und durch die gleichen Prozesse gebildet. Der grundlegende Unterschied besteht darin, daß keine Isolierschicht auf der Kontaktschicht 59 gebildet ist, aber statt dessen eine fotolithographische Technik und eine Ionenimplantationstechnik angewandt wurden, um einen hochresistiven Bereich 66 in einem zentralen Abschnitt der Kontaktschicht 59 und der Fensterschicht 56, wie in Fig. 7A dargestellt, zu bilden. Der resistive Bereich 66 ist ungefähr zu dem elektrischen Kontakt 62 ausgerichtet. Bei dieser Ausführungsform werden Ionen, wie beispielsweise H $^{+}$ oder O $^{+}$, implantiert, um den Bereich 66 zu bilden. Der hochresistive Bereich 66 wird als Stromsperrschicht genutzt.

Fig. 7B zeigt eine Querschnittsansicht, welche eine Leuchtdiode gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. In dieser Figur sind die Schichten, welche gegenüber den Strukturen von Fig. 6A und 6B nicht geändert wurden, mit den gleichen Bezugszeichen versehen und durch die gleichen Prozesse gebildet. Der grundlegende Unterschied gegenüber der Struktur von Fig. 7A ist die zusätzliche verteilte Bragg-Reflektorschicht 80 (DBR). AlGaInP oder AlGaAs werden bevorzugt benutzt,

um die DBR-Schicht 80 zu bilden, welche einen Stapel von mehr als 20 Schichten in dieser Ausführungsform umfaßt. Die DBR-Schicht 80 wird in erster Linie dazu benutzt, um die Absorption von Licht, welches durch die aktive Schicht 542 emittiert wird, durch das Substrat 52 zu eliminieren, um dabei die Ausbeute der Leuchtdiode zu vergrößern. In dieser Ausführungsform können durch die DBR-Schicht 80 80 bis 100 mcd erreicht werden.

Fig. 8A zeigt eine Querschnittsansicht, welche eine Leuchtdiode gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. In dieser Figur sind die Schichten, welche gegenüber der Struktur von Fig. 7A nicht geändert wurden, mit den gleichen Bezugszeichen versehen und durch den gleichen Prozeß gebildet. Die Schichten von Fig. 8A haben einen unterschiedlichen Leitfähigkeitstyp gegenüber den Schichten von Fig. 7A. Insbesondere sind in Fig. 8A die Elektrode 50, das Substrat 52 und die untere Hüllschicht 540 vom p-Typ. Die obere Hüllschicht 544, die Fensterschicht 56, die Kontaktschicht 58 und die Elektrodenschicht 62 sind vom n-Typ. Eine fotolithographische Technik und eine Diffusionsmethode werden angewandt, um einen Diffusionsbereich 68 auf einem zentralen Abschnitt der Kontaktschicht 59 und der Fensterschicht 56, wie in Fig. 8A dargestellt, zu bilden. Die Diffusionsschicht 68 ist ungefähr zu dem elektrischen Kontakt 62 ausgerichtet. In dieser Ausführungsform werden p-Typ-Atome, wie beispielsweise Zinn, diffundiert, um die Region 68 zu bilden. Die Diffusionstiefe hängt von der Dicke der Fensterschicht 56 ab. Vorzugsweise liegt die untere Fläche des Diffusionsbereichs 68 mehr als 1 µm über der unteren Fläche der Fensterschicht 56. Die Potentialbarriere des p-n-Übergangs, welche zwischen dem Diffusionsbereich 68 und der Fensterschicht 56 gebildet ist, wird als Stromsperre genutzt.

Fig. 8B zeigt eine Querschnittsansicht, welche eine modifizierte Leuchtdiode gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. In dieser Figur sind die Schichten, welche gegenüber der Struktur von Fig. 7A und 7B nicht geändert sind, mit den gleichen Bezugszeichen versehen und durch die gleichen Prozesse gebildet. Der grundlegende Unterschied gegenüber der Struktur aus Fig. 8A ist die zusätzliche verteilte Bragg-Reflektorschicht 80 (DBR). AlGaInP oder AlGaAs werden vorzugsweise benutzt, um die DBR-Schicht 80 zu bilden, welche in dieser Ausführungsform einen Stapel von mehr als 20 Schichten umfaßt. Die DBR-Schicht 80 wird vorzugsweise dazu benutzt, um die Absorption von Licht, welches durch die aktive Schicht 542 emittiert wird, durch das Substrat 52 zu eliminieren, wodurch die Ausbeute der Leuchtdiode vergrößert wird. Bei dieser Ausführungsform können durch Benutzen der DBR-Schicht 80 80 bis 100 mcd erreicht werden.

Patentansprüche

1. Leuchtdiode mit einem auf einer ersten Elektrode (50) gebildeten Substrat (52), einer ersten Hüllschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, welche auf dem Substrat (52) gebildet ist, einer aktiven Schicht (54), welche auf der ersten Hüllschicht geformt ist, einer zweiten Hüllschicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der aktiven Schicht (54) geformt ist, einer Fensterschicht (56) des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der zweiten Hüllschicht gebildet ist, wobei der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht (56) kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der zweiten Hüllschicht,

einer Kontaktschicht (58, 59) des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der Fensterschicht (56) aufgebracht ist, um einen ohmschen Kontakt zu bilden, wobei die Kontaktschicht (58, 59) einen Aussparungsbereich aufweist, welcher sich von der oberen Fläche der Kontaktschicht (58, 59) bis zur unteren Fläche der Kontaktschicht (58, 59) erstreckt und dabei die Fensterschicht (56) freilegt,

einer leitfähigen transparenten Oxidschicht (60), welche auf der Kontaktschicht (58, 59) gebildet ist und den Aussparungsbereich in der Kontaktschicht (58, 59) ausfüllt, wobei der spezifische elektrische Widerstand der leitfähigen transparenten Oxidschicht (60) kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht (56) und der Kontaktschicht (58, 59), und einer zweiten Elektrode (62), welche auf einem Abschnitt der leitfähigen transparenten Oxidschicht (60) gebildet ist und zum Aussparungsbereich in der Kontaktschicht (58, 59) etwa ausgerichtet ist.

2. Leuchtdiode nach Anspruch 1, bei welcher die aktive Schicht (54) AlGaInP enthält.

3. Leuchtdiode nach Anspruch 2, bei welcher die aktive Schicht (54) eine AlGaInP-Vielfach-Quanten-Senken-Struktur umfaßt.

4. Leuchtdiode nach Anspruch 1, bei welcher die Fensterschicht (56) ein Material enthält, welches aus der GaP, GaAsP, GaInP und AlGaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

5. Leuchtdiode nach Anspruch 1, bei welcher die Kontaktschicht (58, 59) ein Material umfaßt, welches aus der GaAsP, GaP, GaInP und GaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

6. Leuchtdiode nach Anspruch 1, bei welcher die leitfähige transparente Oxidschicht (60) ein Material umfaßt, welches aus der Indiumzinnoxid, Indiumoxid, Zinnoxid, Zinkoxid und Magnesiumoxid enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

7. Leuchtdiode nach Anspruch 1, bei welcher das Substrat (52) GaAs enthält.

8. Leuchtdiode nach Anspruch 1, bei welcher die erste Hüllschicht AlGaInP enthält.

9. Leuchtdiode nach Anspruch 1, bei welcher die zweite Hüllschicht AlGaInP enthält.

10. Leuchtdiode nach Anspruch 1, ferner mit einer verteilten Bragg-Reflektorschicht (80) eines ersten Leitfähigkeitstyps mit einer Vielzahl von Unterschichten, welche auf dem Substrat (52) und unter der ersten Hüllschicht gebildet sind.

11. Leuchtdiode nach Anspruch 10, bei welcher die verteilte Bragg-Reflektorschicht (80) ein Material enthält, welches aus der AlGaInP und AlGaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

12. Leuchtdiode mit einem auf einer ersten Elektrode (50) gebildeten Substrat (52),

einer ersten Hüllschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, welche auf dem Substrat (52) gebildet ist,

einer aktiven Schicht (54), welche auf der ersten Hüllschicht gebildet ist,

einer zweiten Hüllschicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der aktiven Schicht (54) gebildet ist,

einer Fensterschicht (56) des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der zweiten Hüllschicht geformt ist,

wobei der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht (56) kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der zweiten Hüllschicht,

einer Kontaktschicht (58, 59) des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der Fensterschicht (56) gebildet

ist, um einen ohmschen Kontakt zu bilden, einem Isolationsbereich (64), welcher auf einem Abschnitt der Kontaktschicht (58, 59) gebildet ist, einer leitfähigen transparenten Oxidschicht (60), welche auf der Kontaktschicht (58, 59) und dem Isolationsbereich (64) gebildet ist, wobei der spezifische elektrische Widerstand der leitfähigen transparenten Oxidschicht (60) kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht (56) und der Kontaktschicht (58, 59), und

13. Leuchtdiode nach Anspruch 12, bei welcher die aktive Schicht (54) AlGaInP enthält.

14. Leuchtdiode nach Anspruch 13, bei welcher die aktive Schicht (54) eine AlGaInP-Vielfach-Quanten-Senken-Struktur umfaßt.

15. Leuchtdiode nach Anspruch 12, bei welcher die Fensterschicht (56) ein Material enthält, welches aus der GaP, GaAsP, GaInP und AlGaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

16. Leuchtdiode nach Anspruch 12, bei welcher die Kontaktschicht (58, 59) ein Material umfaßt, welches aus der GaAsP, GaP, GaInP und GaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

17. Leuchtdiode nach Anspruch 12, bei welcher die leitfähige transparente Oxidschicht (60) ein Material umfaßt, welches aus der Indiumzinnoxid, Indiumoxid, Zinnoxid, Zinkoxid und Magnesiumoxid enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

18. Leuchtdiode nach Anspruch 12, bei welcher das Substrat (52) GaAs enthält.

19. Leuchtdiode nach Anspruch 12, bei welcher die erste Hüllschicht AlGaInP enthält.

20. Leuchtdiode nach Anspruch 12, bei welcher die zweite Hüllschicht AlGaInP enthält.

21. Leuchtdiode nach Anspruch 12, ferner mit einer verteilten Bragg-Reflektorschicht (80) eines ersten Leitfähigkeitstyps mit einer Vielzahl von Unterschichten, welche auf dem Substrat (52) und unter der ersten Hüllschicht gebildet sind.

22. Leuchtdiode nach Anspruch 21, bei welcher die verteilte Bragg-Reflektorschicht (80) ein Material enthält, welches aus der AlGaInP und AlGaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

23. Leuchtdiode nach Anspruch 12, bei welcher der Isolationsbereich (64) ein Material enthält, welches aus der Siliziumoxid, Siliziumnitrid und Aluminiumoxid enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

24. Leuchtdiode mit einem auf einer ersten Elektrode (50) gebildeten Substrat (52), einer ersten Hüllschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, welche auf dem Substrat (52) gebildet ist, einer aktiven Schicht (54), welche auf der ersten Hüllschicht gebildet ist, einer zweiten Hüllschicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der aktiven Schicht (54) gebildet ist, einer Fensterschicht (56) des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der zweiten Hüllschicht gebildet ist, wobei der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht (56) kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der zweiten Hüllschicht, einer Kontaktschicht (58, 59) des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der Fensterschicht (56) gebildet ist, um einen ohmschen Kontakt zu bilden, wobei Ab-

schnitte der Kontaktschicht (58, 59) und der Fensterschicht (56) mit Ionen implantiert sind, um einen Widerstandsbereich (66) des zweiten Leitfähigkeitstyps zu bilden,

einer leitfähigen transparenten Oxidschicht (60), welche auf der Kontaktschicht (58, 59) gebildet ist, wobei der spezifische elektrische Widerstand der leitfähigen transparenten Oxidschicht (60) kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht (56) und der Kontaktschicht (58, 59), und

einer zweiten Elektrode (62), welche auf einem Bereich der leitfähigen transparenten Oxidschicht (60) gebildet und zum Widerstandsbereich (66) in der Kontaktschicht (58, 59) und der Fensterschicht (56) etwa ausgerichtet ist.

25. Leuchtdiode nach Anspruch 24, bei welcher die aktive Schicht (54) AlGaInP enthält.

26. Leuchtdiode nach Anspruch 25, bei welcher die aktive Schicht (54) eine AlGaInP-Vielfach-Quanten-Senken-Struktur umfaßt.

27. Leuchtdiode nach Anspruch 24, bei welcher die Fensterschicht (56) ein Material enthält, welches aus der GaP, GaAsP, GaInP und AlGaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

28. Leuchtdiode nach Anspruch 24, bei welcher die Kontaktschicht (58, 59) ein Material umfaßt, welches aus der GaAsP, GaP, GaInP und GaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

29. Leuchtdiode nach Anspruch 24, bei welcher die leitfähige transparente Oxidschicht (60) ein Material umfaßt, welches aus der Indiumzinnoxid, Indiumoxid, Zinnoxid, Zinkoxid und Magnesiumoxid enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

30. Leuchtdiode nach Anspruch 24, bei welcher das Substrat (52) GaAs enthält.

31. Leuchtdiode nach Anspruch 24, bei welcher die erste Hüllschicht AlGaInP enthält.

32. Leuchtdiode nach Anspruch 24, bei welcher die zweite Hüllschicht AlGaInP enthält.

33. Leuchtdiode nach Anspruch 24, ferner mit einer verteilten Bragg-Reflektorschicht (80) eines ersten Leitfähigkeitstyps mit einer Vielzahl von Unterschichten, welche auf dem Substrat (52) und unter der ersten Hüllschicht gebildet sind.

34. Leuchtdiode nach Anspruch 33, bei welcher die verteilte Bragg-Reflektorschicht (80) ein Material enthält, welches aus der AlGaInP und AlGaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.

35. Leuchtdiode nach Anspruch 24, bei welcher Ionen der Ionen-Implantation H⁺- oder O⁺-Ionen sind.

36. Leuchtdiode mit einem auf einer ersten Elektrode (50) gebildeten Substrat (52), einer ersten Hüllschicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, welche auf dem Substrat (52) gebildet ist, einer aktiven Schicht (54), welche auf der ersten Hüllschicht gebildet ist, einer zweiten Hüllschicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der aktiven Schicht (54) gebildet ist, einer Fensterschicht (56) des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der zweiten Hüllschicht gebildet ist, wobei der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht (56) kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der zweiten Hüllschicht, einer Kontaktschicht (58, 59) des zweiten Leitfähigkeitstyps, welche auf der Fensterschicht (56) gebildet ist, um einen ohmschen Kontakt zu bilden, wobei Abschnitte der Kontaktschicht (58, 59) und der Fenster-

- schicht (56) durch Ionendiffusion behandelt sind, um einen Diffusionsbereich (68) des zweiten Leitfähigkeitstyps zu bilden, wodurch eine Potentialsperre zwischen der Fensterschicht (56) und dem Diffusionsbereich (68) entsteht, 5
- einer leitfähigen transparenten Oxidschicht (60), welche auf der Kontaktschicht (58, 59) gebildet ist, wobei der spezifische elektrische Widerstand der leitfähigen transparenten Oxidschicht (60) kleiner ist als der spezifische elektrische Widerstand der Fensterschicht (56) 10 und der Kontaktschicht (58, 59), und
- einer zweiten Elektrode (62), welche auf einem Abschnitt der leitfähigen transparenten Oxidschicht (60) gebildet und zum Diffusionsbereich (68) in der Kontaktschicht (58, 59) und der Fensterschicht (56) etwa 15 ausgerichtet ist.
37. Leuchtdiode nach Anspruch 36, bei welcher die aktive Schicht (54) AlGaInP enthält.
38. Leuchtdiode nach Anspruch 37, bei welcher die aktive Schicht (54) eine AlGaInP-Vielfach-Quanten-Senken-Struktur umfaßt. 20
39. Leuchtdiode nach Anspruch 36, bei welcher die Fensterschicht (56) ein Material enthält, welches aus der GaP, GaAsP, GaInP und AlGaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist. 25
40. Leuchtdiode nach Anspruch 36, bei welcher die Kontaktschicht (58, 59) ein Material umfaßt, welches aus der GaAsP, GaP, GaInP und GaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.
41. Leuchtdiode nach Anspruch 36, bei welcher die leitfähige transparente Oxidschicht (60) ein Material umfaßt, welches aus der Indiumzinnoxid, Indiumoxid, Zinnoxid, Zinkoxid und Magnesiumoxid enthaltenden Gruppe ausgewählt ist. 30
42. Leuchtdiode nach Anspruch 36, bei welcher das Substrat (52) GaAs enthält. 35
43. Leuchtdiode nach Anspruch 36, bei welcher die erste Hüllschicht AlGaInP enthält.
44. Leuchtdiode nach Anspruch 36, bei welcher die zweite Hüllschicht AlGaInP enthält. 40
45. Leuchtdiode nach Anspruch 36, ferner mit einer verteilten Bragg-Reflektorschicht (80) eines ersten Leitfähigkeitstyps mit einer Vielzahl von Unterschichten, welche auf dem Substrat (52) und unter der ersten Hüllschicht gebildet sind. 45
46. Leuchtdiode nach Anspruch 45, bei welcher die verteilte Bragg-Reflektorschicht (80) ein Material enthält, welches aus der AlGaInP und AlGaAs enthaltenden Gruppe ausgewählt ist.
47. Leuchtdiode nach Anspruch 36, bei welcher Ionen der Diffusion Zn-Ionen sind. 50

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

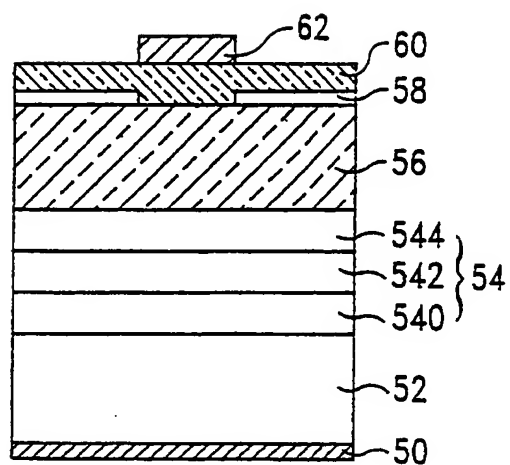


FIG. 5A

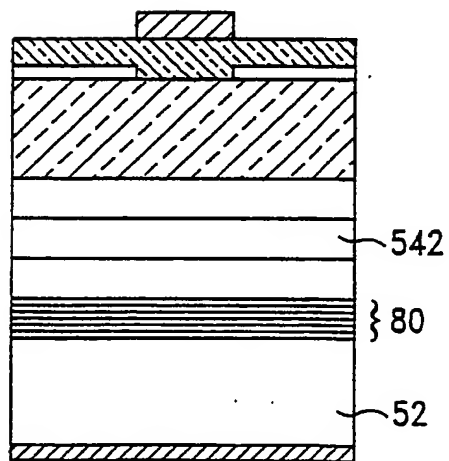


FIG. 5B

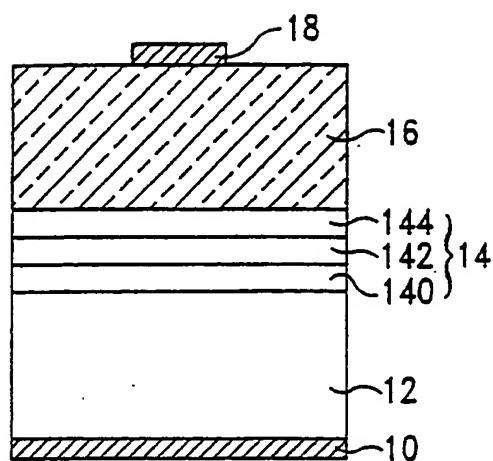


FIG.1

(STAND DER TECHNIK)

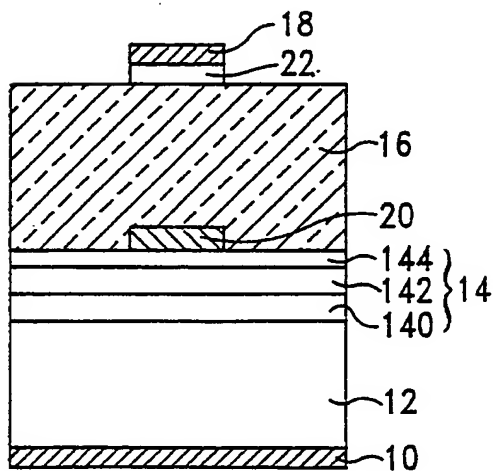


FIG.2

(STAND DER TECHNIK)

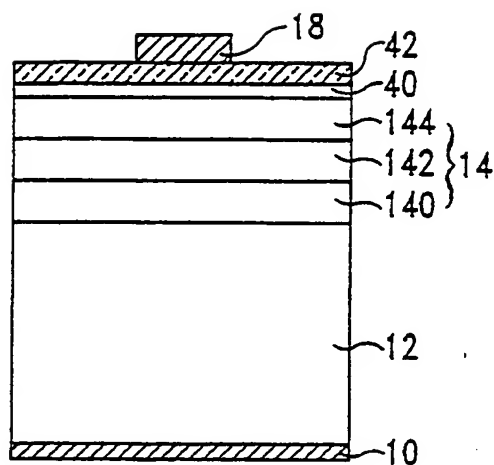


FIG.3

(STAND DER TECHNIK)

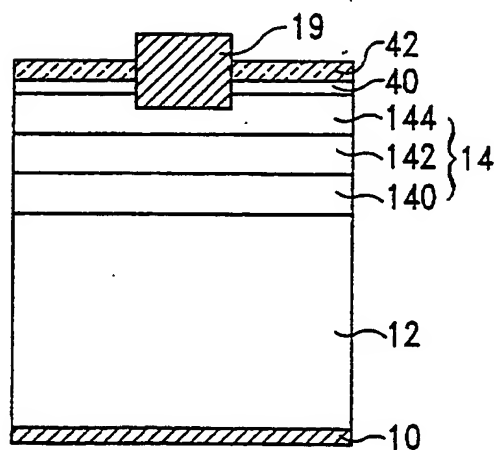


FIG.4

(STAND DER TECHNIK)

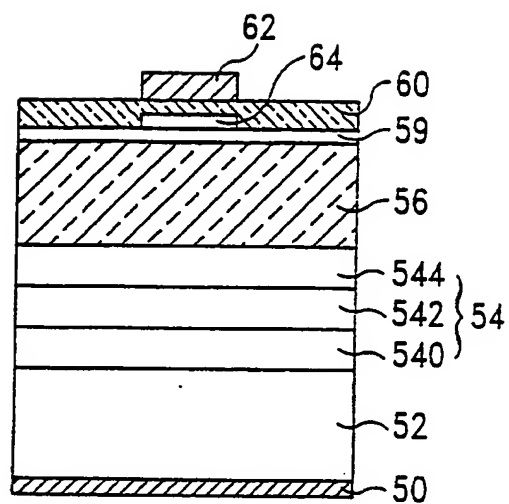


FIG. 6A

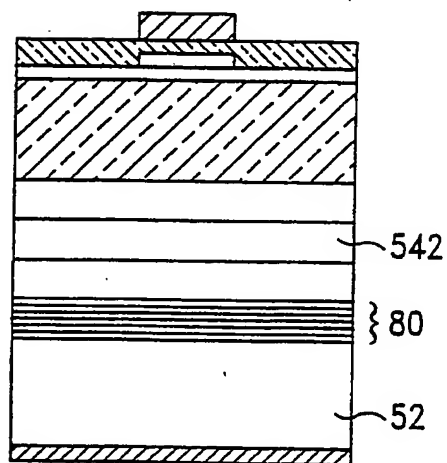


FIG. 6B

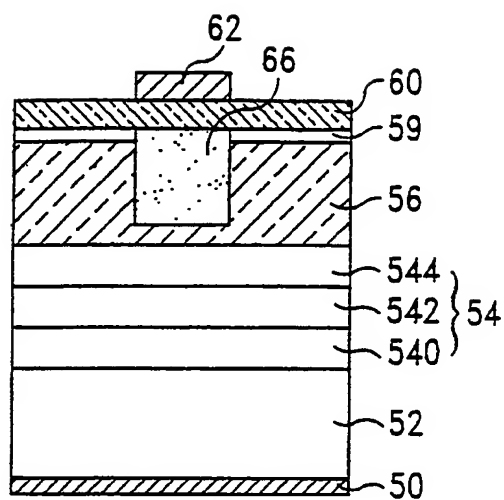


FIG. 7A

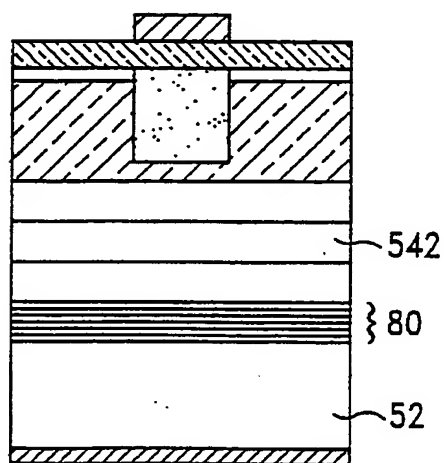


FIG. 7B

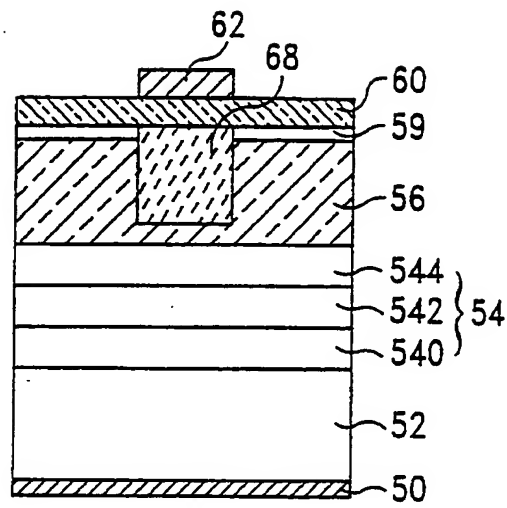


FIG. 8A

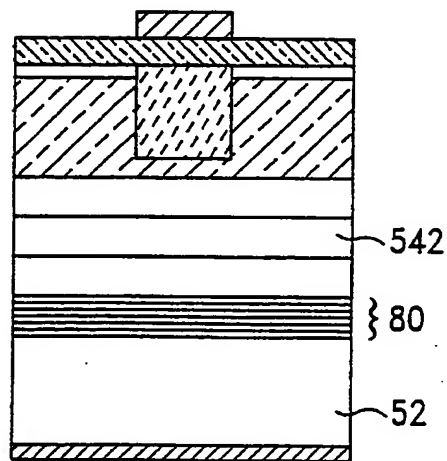


FIG. 8B